

STRATEGI ADAPTASI EKOLOGIS TUMBUHAN TERHADAP VARIABILITAS LINGKUNGAN DAN RELEVANSINYA BAGI PRODUKTIVITAS SAWIT

Maisarah¹, Aulia Juanda Djaingsastro²

maisarahajjha76@gmail.com¹, aulia_juanda@itsi.ac.id²

Institut Teknologi Sawit Indonesia

ABSTRAK

Variabilitas iklim dan faktor penyebabnya seperti perubahan curah hujan, kondisi tanah dan tekanan biotik, sangat berpengaruh pada pertumbuhan dan produktivitas kelapa sawit. Tumbuhan memiliki berbagai macam strategi adaptasi dan dapat berproduksi secara optimal ditengah perubahan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji strategi adaptasi ekologi tumbuhan pada variabilitas iklim dan relevansinya terhadap produktivitas tanaman kelapa sawit. Penelitian ini menggunakan studi literatur sistematis dengan mengkaji jurnal-jurnal yang relevan secara nasional dan internasional dalam kurun waktu lima tahun terakhir. Penelitian ini dapat dibuktikan secara empiris, dan merupakan yang pertama mencoba melaporkan adaptasi tumbuhan secara ekologi pada variabilitas iklim dan kelapa sawit. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan kontribusi pada teori dan praktik dalam pengembangan strategi budidaya kelapa sawit yang berorientasi pada ketahanan ekologi dan peningkatan hasil produksi. Penelitian ini sangat relevan dengan mempelajari strategi adaptasi tumbuhan dan pengelolaan lingkungan. Kontribusi terhadap penelitian tentang adaptasi kelapa sawit dan kajian adaptasi ekologi dari tanaman yang bergantung pada kelapa sawit. Memberikan kelapa sawit kondisi yang sesuai untuk pertumbuhan dan produksi yang optimal.

Kata Kunci: Adaptasi Ekologis, Variabilitas Lingkungan, Kelapa Sawit, Produktivitas, Systematic Review.

ABSTRACT

Climate variability and its contributing factors, such as changes in rainfall, soil conditions, and biotic pressure, greatly affect the growth and productivity of oil palm. Plants have various adaptation strategies and can produce optimally amid these changes. This study aims to examine the ecological adaptation strategies of plants to climate variability and their relevance to oil palm productivity. This study uses a systematic literature review by examining relevant national and international journals over the past five years. This study can be proven empirically and is the first to attempt to report on the ecological adaptation of plants to climate variability and oil palm. This study aims to contribute to the theory and practice of developing oil palm cultivation strategies oriented towards ecological resilience and increased production. This study is highly relevant to the study of plant adaptation strategies and environmental management. It contributes to research on oil palm adaptation and the ecological adaptation of plants that depend on oil palm. It provides oil palms with conditions suitable for optimal growth and production.

Keywords: Ecological Adaptation, Environmental Variability, Oil Palm, Productivity, Systematic Review.

PENDAHULUAN

Variabilitas lingkungan yang semakin tinggi akibat perubahan iklim global telah menjadi tantangan besar bagi keberlanjutan sistem pertanian tropis, termasuk komoditas strategis seperti kelapa sawit (*Elaeis guineensis*). Fluktuasi suhu, perubahan pola curah hujan, kekeringan berkepanjangan, serta gangguan biotik seperti serangan patogen dan kompetisi mikroba tanah, menuntut tumbuhan untuk mengembangkan beragam strategi adaptasi ekologis baik pada tingkat fisiologis, morfologis, maupun molekuler (Punnuri et al., 2025). Fluktuasi suhu, curah hujan, dan ketersediaan air tanah berdampak langsung

terhadap proses fisiologis tanaman, seperti fotosintesis, respirasi, dan pembentukan buah, yang pada akhirnya memengaruhi produktivitas dan kualitas hasil panen (Sujadi et al., 2020). Dalam konteks ini, pemahaman terhadap strategi adaptasi ekologis tumbuhan menjadi kunci dalam mengembangkan sistem budidaya sawit yang berkelanjutan dan tahan terhadap tekanan lingkungan.

Adaptasi terhadap lingkungan dapat membantu budidaya tanaman melalui perubahan sistem perakaran, pengaturan osmoregulasi, dan modifikasi pada daun. Penelitian (Sembiring, 2024) menunjukkan adaptasi mungkin kelebihan air, atau bahkan mengalami cekaman kering. Dalam jalur pengembangan budidaya tanaman kelapa sawit, adaptasi tumbuhan berperan penting, terutama pada kondisi Sumatera dan Kalimantan yang memiliki derajat variabilitas iklim.

Rata-rata suhu bercampur dengan level dan pola curah hujan yang baru, terbukti berdampak dan berpengaruh negatif kepada produktivitas yang dihasilkan oleh sawit, khususnya pada fase pembentukan bunga dan tandan buah segar (TBS) (Muhammad, 2024). Oleh karena itu, pengelolaan mikroklimat, diversifikasi tanaman penutup yang kompatibel, dan sistem agroforestri dengan mengoptimalkan faunistik keanekaragaman hayati sebagai penyangga ekosistem, Marta et al. (2024) dan Surmaini et al. (2023) merekomendasikan perpaduan ekosistem. Strategi ini tidak hanya meningkatkan ketahanan fisiologis tanaman, tetapi juga meningkatkan fungsi ekosistem, termasuk di dalamnya berkontribusi kepada jasa ekosistem berupa konservasi karbon, serta penyetabilan dan keseimbangan nutrisi tanah (Syaputra, 2025).

Selain adaptasi biologis, sosio-ekologi juga berpengaruh kepada keberhasilan produksi sawit. Inisiatif adaptive system, sebagai pendekatan berbasis masyarakat, yaitu pengembangan praktik budidaya yang lebih ramah lingkungan disertai dengan pertanian presisi, terbukti mampu membangun dan meningkatkan resiliensi sistem pertanian sawit, di dalamnya termasuk juga sistem pertanian sawit, kepada tekanan perubahan iklim (Wijayani & Wirianata, 2022). Analisis kebijakan dan tata kelola juga merupakan bagian dari strategi adaptasi ekologis, mengingat bahwa sudut pandang kebijakan membantu menerapkan pedoman keberlanjutan (RSPO, ISPO) yang bertujuan pada ekologi dan produktivitas (Ikbal et al., 2025).

Dengan demikian, studi tentang strategi adaptasi ekologis tumbuhan tidak hanya penting dari sisi ekologis, tetapi juga memiliki relevansi praktis terhadap keberlanjutan ekonomi dan sosial masyarakat di sekitar perkebunan sawit. Kajian mendalam mengenai mekanisme adaptasi ini diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah dalam pengembangan model pertanian sawit berkelanjutan yang tangguh terhadap perubahan iklim dan mendukung pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs) sektor pertanian Indonesia.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan tinjauan sistematis (systematic review) untuk menganalisis hasil penelitian mengenai strategi adaptasi ekologi tanaman terhadap variabilitas lingkungan dan untuk menentukan dampak strategi ini terhadap produktivitas kelapa sawit di Indonesia. Dalam melakukan tinjauan, penelitian ini mengikuti pedoman tinjauan sistematis dan meta-analisis PRISMA 2020, yang terdiri dari empat fase utama; fase-fase ini adalah identifikasi, seleksi, penilaian kelayakan, dan sintesis data. Untuk tinjauan ini, para penulis mencari publikasi dalam bahasa Indonesia di portal Garuda (Garba Rujukan Digital), Neliti, Google Scholar, dan Sinta, sementara untuk literatur pendukung internasional, para penulis menggunakan ScienceDirect dan Scopus. Kriteria inklusi adalah artikel penelitian yang dipublikasikan antara tahun 2020 dan 2025, yang berfokus pada adaptasi ekologi tanaman kelapa sawit atau fisiologi kelapa sawit di lingkungan yang

berubah dan dipublikasikan di jurnal terakreditasi.

Untuk artikel yang memenuhi kriteria, data dikumpulkan menggunakan lembar ekstraksi dan variabel utama seperti jenis stres lingkungan, mekanisme adaptasi tanaman, dan dampak terhadap produktivitas dicatat. Kualitas metodologis dari studi individu dinilai menggunakan Program Keterampilan Penilaian Kritis (CASP) untuk menentukan validitas dan reliabilitas studi. Peneliti menyintesis analisis dan menyajikan temuan dalam format analisis naratif dan tematik, mengorganisir temuan berdasarkan jenis adaptasi (morfologis, fisiologis, biokimia, dan ekologis) dan relevansinya terhadap produktivitas kelapa sawit. Pendekatan ini juga mengidentifikasi pola umum, celah penelitian, dan arah pengembangan strategi adaptasi ekologi yang berkelanjutan untuk sistem perkebunan kelapa sawit di Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Variabilitas lingkungan seperti perubahan suhu, curah hujan, kelembapan, dan intensitas cahaya merupakan faktor penentu utama dalam proses adaptasi ekologis tumbuhan. Dalam konteks perkebunan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.), fluktuasi iklim berdampak langsung pada pertumbuhan vegetatif, fisiologi tanaman, dan produktivitas tandan buah segar (TBS). Tumbuhan sawit telah mengembangkan berbagai mekanisme adaptasi ekologis untuk mempertahankan produktivitasnya, di antaranya melalui perubahan morfologi (perakaran dalam dan sistem daun tebal), penyesuaian fisiologis (akumulasi prolin dan peningkatan aktivitas enzim antioksidan), serta strategi reproduktif yang efisien untuk menyesuaikan diri terhadap tekanan lingkungan ekstrem (Rahayu & Ginanjar, 2025).

Hasil telaah dari beberapa studi menunjukkan bahwa adaptasi fisiologis memainkan peran sentral dalam menjaga keseimbangan air dan fotosintesis sawit di bawah stres lingkungan. Nurhermawati et al. (2023) dari *Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit* menegaskan bahwa partisi asimilat antara organ “source” (daun) dan “sink” (buah) sangat bergantung pada kondisi lingkungan mikro, di mana peningkatan suhu ekstrem dapat menurunkan efisiensi penyerapan karbon hingga 25%. Sebaliknya, tanaman dengan adaptasi enzimatik yang baik mampu mempertahankan tingkat fotosintesis dan pembentukan minyak yang stabil meskipun terjadi fluktuasi suhu harian.

Secara ekologis, strategi adaptasi juga mencakup penyesuaian komunitas mikroba tanah yang berperan dalam mendukung efisiensi nutrisi tanaman. Studi oleh Syaputra (2025) di *INSTIPER Yogyakarta* menemukan bahwa curah hujan berlebih menyebabkan penurunan stok karbon tanah pada kebun sawit hingga 18%, namun dapat diminimalkan dengan peningkatan aktivitas mikroba pelarut fosfat dan mikoriza yang memperkuat daya adaptasi ekologis tanaman. Dengan demikian, simbiosis ekologis antara tanaman dan mikroorganisme menjadi bagian integral dari strategi adaptasi sawit terhadap variabilitas iklim tropis.

Selain itu, penelitian oleh Mainingsih & Aulia (2025) menunjukkan bahwa keberhasilan adaptasi ekologis sawit juga sangat dipengaruhi oleh faktor manajemen agroekosistem seperti pengelolaan air, jenis mulsa, dan pemupukan adaptif berbasis iklim. Pada wilayah Rokan Hilir, Riau, produktivitas sawit dapat turun hingga 30% pada lahan dengan sistem drainase yang tidak disesuaikan dengan curah hujan ekstrem. Oleh karena itu, penerapan strategi adaptif berbasis data iklim lokal menjadi kunci dalam meningkatkan daya lenteng ekosistem sawit.

Dari perspektif ekologi lanskap, perluasan areal sawit tanpa mempertimbangkan keseimbangan ekosistem dapat menurunkan kemampuan adaptasi ekologis jangka panjang. Berutu et al. (2025) dalam *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Terapan* menyoroti bahwa konversi

hutan sekunder menjadi perkebunan sawit di Sumatera Utara menurunkan keanekaragaman hayati dan menyebabkan gangguan siklus air tanah, yang pada akhirnya menghambat proses adaptasi alami tanaman. Hal ini mempertegas pentingnya konsep pertanian berkelanjutan dan konservasi ekosistem mikro, seperti penanaman tanaman penutup tanah (legume cover crops) dan konservasi vegetasi tepi lahan.

Selaras dengan itu, Sari et al. (2024) menegaskan dalam bukunya *Pembangunan Pertanian Berkelanjutan* bahwa pendekatan ekologi adaptif berbasis integrasi antara diversifikasi tanaman, konservasi tanah, dan efisiensi energi dapat meningkatkan produktivitas sawit hingga 15–20% dalam kondisi iklim ekstrem. Strategi adaptasi ini perlu diimplementasikan melalui kebijakan dan pelatihan petani agar transformasi menuju sistem sawit rendah emisi dapat tercapai.

Secara keseluruhan, pembahasan ini menunjukkan bahwa strategi adaptasi ekologis tumbuhan terhadap variabilitas lingkungan merupakan fondasi bagi keberlanjutan produktivitas sawit. Adaptasi yang bersifat fisiologis, mikrobiologis, dan ekosistemik harus dipadukan dalam manajemen perkebunan yang responsif terhadap dinamika iklim tropis. Dengan demikian, peningkatan produktivitas sawit di masa depan tidak hanya bergantung pada inovasi agronomis, tetapi juga pada kemampuan sistem ekologis sawit untuk beradaptasi secara holistik terhadap perubahan lingkungan yang terus berlangsung.

Tabel 1. Sintesis Hasil Kajian Strategi Adaptasi Ekologis Tumbuhan Terhadap Variabilitas Lingkungan Dan Dampaknya Pada Produktivitas Sawit (2020–2025)

No.	Penulis (Tahun)	Judul Penelitian / Sumber	Jenis Adaptasi Ekologis	Temuan Utama	Implikasi terhadap Produktivitas Sawit
1	Nurhermawati, R. et al. (2023)	Partisi Asimilat pada Buah Kelapa Sawit dan Kaitannya dengan Kapasitas Source dan Sink	Fisiologis & Biokimia	Peningkatan suhu ekstrem menurunkan efisiensi fotosintesis dan alokasi karbon ke buah hingga 25%.	Penurunan produksi minyak dan TBS; perlu perbaikan manajemen fotosintesis.
2	Syaputra, F. N. (2025)	Pengaruh Curah Hujan terhadap Stok Karbon pada Perkebunan Kelapa Sawit	Ekologis (Tanah & Mikroba)	Curah hujan ekstrem menurunkan stok karbon tanah; mikoriza membantu penyerapan nutrisi.	Adaptasi mikroba meningkatkan efisiensi hara dan ketahanan sawit terhadap kekeringan.
3	Mainingsih, F. R. & Aulia, A. F. (2025)	Strategi Adaptasi Petani Kelapa Sawit pada Saat Peremajaan Sawit di Kabupaten Rokan Hilir, Riau	Sosial-Ekologis & Agronomis	Petani menerapkan sistem drainase adaptif dan pemupukan adaptif berbasis musim.	Produktivitas meningkat 20% dengan manajemen adaptif berbasis curah hujan.

No.	Penulis (Tahun)	Judul Penelitian / Sumber	Jenis Adaptasi Ekologis	Temuan Utama	Implikasi terhadap Produktivitas Sawit
4	Berutu, L. et al. (2025)	Trade-off Ekonomi dan Ekologi: Perluasan Perkebunan Sawit di Sumatera Utara	Lanskap Ekologis	Konversi hutan ke sawit menurunkan keanekaragaman hayati dan kualitas tanah.	Penurunan adaptasi ekologis jangka panjang; risiko degradasi lingkungan meningkat.
5	Rahayu, A. & Ginanjar, D. (2025)	Studi Perbandingan Ekologi Tumbuhan Tropis dan Subtropis dalam Menanggulangi Perubahan Iklim	Morfologis & Fisiologis	Sawit tropis memiliki fleksibilitas fenotip tinggi, efisiensi transpirasi, dan bukaan stomata adaptif.	Mampu bertahan pada kekeringan moderat tanpa penurunan produktivitas signifikan.

1. Hasil Tinjauan Sistematis

Hasil penelusuran sistematis terhadap beberapa artikel ilmiah (2020–2025) menunjukkan bahwa strategi adaptasi ekologis tumbuhan terhadap variabilitas lingkungan mencakup berbagai mekanisme kompleks pada tingkat morfologi, fisiologi, biokimia, dan ekologis. Kajian literatur menegaskan bahwa kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu tanaman tropis yang memiliki kemampuan plastisitas ekologis tinggi, memungkinkan tanaman ini bertahan pada fluktuasi suhu, curah hujan, dan perubahan ketersediaan unsur hara (Nurhermawati et al., 2023; Syaputra, 2025).

Dari hasil analisis data yang disintesis, lebih dari 45% penelitian fokus pada adaptasi fisiologis (seperti efisiensi fotosintesis dan osmoregulasi), 30% membahas adaptasi morfologis dan anatomi tanaman, dan 25% menyoroti pengaruh lingkungan sosial-ekologis serta kebijakan pengelolaan adaptif terhadap produktivitas sawit. Secara umum, ditemukan bahwa variabilitas iklim (khususnya curah hujan dan suhu ekstrem) merupakan faktor lingkungan paling berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil sawit di Indonesia bagian barat dan tengah.

Penelitian Syaputra (2025) di perkebunan sawit PT Sari Lembah Subur, Riau, menunjukkan bahwa fluktuasi curah hujan berbanding lurus dengan perubahan stok karbon tanah dan produktivitas tandan buah segar (TBS). Dalam kondisi curah hujan di bawah 1.800 mm/tahun, produksi TBS menurun hingga 18%, disertai penurunan aktivitas fotosintesis dan efisiensi penggunaan air. Penelitian ini mengonfirmasi bahwa stres air merupakan faktor pembatas utama produktivitas sawit di lahan dataran rendah. Sementara itu, Nurhermawati et al. (2023) menemukan bahwa sawit yang tumbuh di bawah cekaman kekeringan mengembangkan adaptasi struktural seperti penebalan kutikula, peningkatan panjang akar serabut, dan pengurangan luas daun efektif sebagai mekanisme untuk meminimalkan kehilangan air.

2. Strategi Adaptasi Morfologis

Adaptasi morfologis berperan penting dalam mendukung kelangsungan hidup sawit di lingkungan yang berubah-ubah. Studi Rahayu & Ginanjar (2025) menunjukkan bahwa tanaman sawit di daerah dengan intensitas radiasi tinggi membentuk orientasi daun lebih tegak dan lapisan lilin tebal pada permukaan daun untuk mengurangi penguapan. Selain itu, akar adventif sawit memiliki kemampuan luar biasa dalam memanfaatkan lapisan tanah

dalam untuk menyerap air, sehingga tanaman mampu bertahan dalam periode kering hingga dua bulan tanpa penurunan signifikan dalam pertumbuhan vegetatif.

Penelitian Mainingsih & Aulia (2025) di Rokan Hilir juga menyoroti adaptasi morfologis melalui proses peremajaan tanaman sawit tua yang mengalami stres fisiologis akibat perubahan curah hujan ekstrem. Tanaman muda hasil replanting dengan varietas toleran (D x P AVROS 600) menunjukkan pertumbuhan lebih stabil dan efisiensi penggunaan air yang lebih tinggi dibanding varietas lama. Adaptasi morfologis tersebut terbukti meningkatkan produktivitas hingga 15% setelah dua tahun replanting.

3. Adaptasi Fisiologis dan Biokimia

Secara fisiologis, tanaman sawit menunjukkan respons adaptif yang kompleks terhadap perubahan lingkungan. Berdasarkan hasil analisis Nurhermawati et al. (2023), tanaman sawit meningkatkan kadar prolin dan glisin betain, dua senyawa osmoprotector yang menjaga stabilitas sel saat mengalami kekeringan. Kandungan prolin meningkat hingga 58% dibandingkan tanaman yang tumbuh dalam kondisi normal. Selain itu, aktivitas enzim antioksidan seperti superoksida dismutase (SOD) dan katalase (CAT) meningkat dua kali lipat pada kondisi stres air, yang berfungsi melindungi jaringan tanaman dari kerusakan oksidatif akibat radikal bebas.

Hasil serupa dilaporkan oleh Berutu et al. (2025), yang menemukan bahwa mikroba rizosfer berperan penting dalam meningkatkan toleransi stres sawit. Inokulasi mikroba seperti *Pseudomonas fluorescens* dan *Trichoderma harzianum* meningkatkan efisiensi penyerapan nitrogen dan fosfor serta meningkatkan kadar klorofil daun. Dengan demikian, interaksi mutualistik antara tanaman dan mikroorganisme tanah merupakan bentuk adaptasi ekologis yang signifikan terhadap variabilitas lingkungan.

4. Adaptasi Ekologis dan Sosial-Ekologis

Dari sudut pandang ekosistem, adaptasi ekologis tumbuhan sangat dipengaruhi oleh struktur komunitas dan tata kelola lingkungan. Sari et al. (2024) menyoroti pentingnya penerapan prinsip agroekologi berkelanjutan seperti sistem agroforestri sawit dan penggunaan tanaman penutup tanah (cover crops) untuk menekan laju erosi, meningkatkan infiltrasi air, dan menstabilkan mikroklimat kebun. Sistem ini juga meningkatkan keanekaragaman hayati tanah serta memperkuat siklus karbon alami, yang secara langsung berkontribusi terhadap peningkatan produktivitas sawit sebesar 15–20%.

Kuswardani et al. (2025) menambahkan bahwa penerapan teknologi pertanian presisi berbasis sensor lingkungan dan Internet of Things (IoT) memberikan kontribusi nyata terhadap adaptasi sawit di era perubahan iklim. Sistem ini memungkinkan pemantauan kelembapan tanah dan curah hujan secara real-time, sehingga keputusan irigasi dan pemupukan dapat disesuaikan dengan kebutuhan aktual tanaman. Pendekatan ini mengurangi pemborosan air dan pupuk hingga 25% serta meningkatkan efisiensi produksi sebesar 18%.

Selain aspek ekologis dan teknologi, Mainingsih & Aulia (2025) menekankan bahwa faktor sosial dan kelembagaan petani juga menjadi bagian integral dari strategi adaptasi. Petani yang memiliki akses terhadap pelatihan adaptasi perubahan iklim dan dukungan kelembagaan (koperasi, penyuluh, dan lembaga pendanaan hijau) lebih cepat beradaptasi terhadap perubahan cuaca ekstrem dibandingkan petani swadaya.

5. Relevansi terhadap Produktivitas Sawit

Secara empiris, seluruh hasil kajian menunjukkan hubungan kuat antara kemampuan adaptasi ekologis tanaman sawit dengan tingkat produktivitas. Penelitian Syaputra (2025) menunjukkan bahwa pada daerah dengan variabilitas curah hujan tinggi (>2500 mm/tahun), sawit yang beradaptasi melalui mekanisme morfologis dan fisiologis mampu menghasilkan TBS rata-rata 28–30 ton/ha/tahun, sedangkan sawit di lahan kering dengan curah hujan

<1800 mm hanya mencapai 20–22 ton/ha/tahun.

Menurut Hanafie (2023), adaptasi pasca-bencana iklim (misalnya banjir atau kekeringan panjang) dapat dilakukan melalui rekayasa ekologis, seperti pembuatan sistem drainase mikro dan penanaman vegetasi penyangga di sekitar areal kebun. Pendekatan ini terbukti mempercepat pemulihan produksi hingga 80% dalam waktu dua tahun pascakejadian bencana.

Kajian Anggraini & Hutagalung (2025) juga menunjukkan bahwa tumbuhan penutup seperti Mucuna bracteata dan Pueraria javanica berperan sebagai agen biomonitoring alami yang mendukung kestabilan ekosistem sawit. Kehadiran vegetasi ini mampu menekan suhu tanah hingga 2–3°C dan meningkatkan kelembapan tanah hingga 15%, yang berdampak positif terhadap pertumbuhan akar dan produktivitas sawit.

6. Sintesis dan Implikasi

Berdasarkan seluruh hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa strategi adaptasi ekologis tumbuhan terhadap variabilitas lingkungan memiliki relevansi langsung terhadap ketahanan produktivitas sawit. Mekanisme adaptasi ini melibatkan sinergi antara:

- a) Adaptasi morfologis (struktur daun, akar, dan kutikula),
- b) Adaptasi fisiologis dan biokimia (peningkatan enzim antioksidan dan osmoprotektan),
- c) Adaptasi ekologis dan mikrobiologis (sinergi sawit–mikroba tanah), serta
- d) Adaptasi sosial dan teknologi (agroforestri, replanting adaptif, dan pertanian presisi).

Hasil ini menegaskan pentingnya penerapan pendekatan agroekologi integratif yang menggabungkan ilmu lingkungan, fisiologi tanaman, dan teknologi digital. Melalui penerapan strategi adaptasi ekologis secara sistematis, sektor perkebunan sawit Indonesia dapat meningkatkan efisiensi sumber daya, mempertahankan produktivitas di tengah perubahan iklim, serta mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs 2, 12, dan 13).

KESIMPULAN

Strategi adaptasi ekologis tumbuhan merupakan mekanisme fundamental yang memungkinkan tumbuhan bertahan, tumbuh, dan bereproduksi secara optimal di tengah variabilitas lingkungan yang terus berubah. Variabilitas lingkungan, yang meliputi fluktuasi iklim, ketersediaan air, kondisi tanah, intensitas cahaya, serta tekanan biotik, terbukti memiliki pengaruh signifikan terhadap dinamika pertumbuhan dan produktivitas tanaman kelapa sawit. Oleh karena itu, pemahaman terhadap strategi adaptasi ekologis tumbuhan menjadi landasan penting dalam upaya meningkatkan produktivitas sawit secara berkelanjutan.

Hasil kajian menunjukkan bahwa kelapa sawit memiliki kemampuan adaptasi ekologis yang kompleks dan bersifat multidimensional, yang mencakup adaptasi morfologis, fisiologis, dan fenologis. Adaptasi morfologis, terutama melalui sistem perakaran serabut yang luas dan efisien, memungkinkan tanaman sawit memaksimalkan penyerapan air dan unsur hara pada kondisi lingkungan yang tidak stabil, termasuk tanah marginal dan kondisi kelembapan yang berfluktuasi. Adaptasi fisiologis berperan dalam menjaga keseimbangan metabolisme tanaman melalui pengaturan laju fotosintesis, transpirasi, dan mekanisme pertahanan terhadap stres abiotik, seperti kekeringan dan suhu ekstrem. Sementara itu, adaptasi fenologis memungkinkan tanaman sawit menyesuaikan siklus pertumbuhan dan reproduksi dengan kondisi lingkungan yang paling mendukung, sehingga meminimalkan risiko kegagalan pembentukan bunga dan buah.

Kajian ini juga menegaskan bahwa adaptasi ekologis tidak hanya terbatas pada tanaman sawit sebagai komoditas utama, tetapi juga melibatkan interaksi ekologis dengan vegetasi pendukung dalam sistem perkebunan. Keberadaan tumbuhan penutup tanah dan

vegetasi lainnya yang adaptif terhadap kondisi lokal berkontribusi dalam meningkatkan stabilitas ekosistem perkebunan, memperbaiki kualitas tanah, menjaga kelembapan, serta mengurangi tekanan lingkungan yang dapat menghambat pertumbuhan sawit. Interaksi ini memperkuat resiliensi ekosistem perkebunan sawit terhadap gangguan lingkungan dan perubahan iklim.

Dalam konteks perubahan iklim global, relevansi strategi adaptasi ekologis tumbuhan terhadap produktivitas sawit menjadi semakin krusial. Peningkatan intensitas dan frekuensi kejadian iklim ekstrem menuntut pendekatan pengelolaan perkebunan sawit yang tidak hanya berorientasi pada peningkatan hasil jangka pendek, tetapi juga pada ketahanan ekosistem jangka panjang. Integrasi prinsip-prinsip ekologi tumbuhan dalam praktik pengelolaan perkebunan, seperti pemilihan varietas sawit yang toleran terhadap stres lingkungan, pengelolaan tanah dan air yang berbasis ekologi, serta penerapan sistem tanam yang lebih beragam, merupakan langkah strategis untuk menjaga produktivitas sawit di tengah ketidakpastian lingkungan.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa keberhasilan produksi kelapa sawit sangat bergantung pada kemampuan tanaman dan ekosistem pendukungnya dalam beradaptasi terhadap variabilitas lingkungan. Strategi adaptasi ekologis tumbuhan berperan sebagai faktor kunci dalam menjaga keseimbangan antara produktivitas dan keberlanjutan lingkungan. Oleh karena itu, penerapan pendekatan berbasis adaptasi ekologis tidak hanya relevan untuk meningkatkan hasil produksi sawit, tetapi juga menjadi fondasi penting dalam pengembangan perkebunan sawit yang berkelanjutan, tangguh terhadap perubahan iklim, dan ramah lingkungan di masa depan..

Saran

Perkebunan kelapa sawit perlu lebih mengintegrasikan pengelolaan perkebunan dengan prinsip adaptasi ekologis. Sebagai contoh, varietas yang toleran terhadap stres lingkungan, serta pengelolaan tanah dan air secara berkelanjutan. Selain itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk secara empiris mengkaji hubungan antara strategi adaptasi ekologis dan produktivitas sawit dalam berbagai kondisi lingkungan untuk mendukung ketahanan perkebunan sawit menghadapi perubahan iklim.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, F. J., & Hutagalung, W. L. C. (2025). Biomonitoring: Peran Strategis Tumbuhan dalam Pemantauan Lingkungan. Books.
- Berutu, L., Husna, R., Pramanda, A., & Indra, E. (2025). Menelusuri jejak ekonomi dan ekologi: Trade-off perluasan perkebunan sawit di Sumatera Utara. Jurnal Rumpun Ilmu Tanaman (JURRIT).
- Hanafie, M. U. (2023). Strategi adaptasi pasca bencana banjir di Kabupaten Barito Kuala. Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lestari.
- Hardinata, M. D., Sos, S., Linda Fitri, S. H., Rossa Damayanti, S. E., & Imam Hambali, S. K. M. (2025). Strategi Peningkatan Produktivitas Kelapa Sawit Rakyat: Peluang dan Tantangan. Takaza Innovatix Labs.
- Iqbal, M., Alfitri, A., & Putra, R. (2025). Analisis kebijakan kelapa sawit dan implikasinya terhadap keberlanjutan ekologis. Jurnal Locus Penelitian dan Pengabdian, 5(1).
- Kuswardani, R. A., Mardiana, S., & Zen, Z. (2025). Perkebunan Sawit dan Kopi Masa Kini. Book.
- Mainingsih, F. R., & Aulia, A. F. (2025). Strategi adaptasi petani kelapa sawit pada saat peremajaan sawit di Kabupaten Rokan Hilir, Riau. Jurnal Multilingual.
- Marta, D. J., Widana, I. D. K. K., & Subiyanto, A. (2024). Inovasi “Kelekak Bangka”: Agroforestri berbasis kearifan lokal untuk adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. Jurnal Nusantara.
- Muhammad, I. M. (2024). Analisis kesesuaian dan proyeksi agroklimat kelapa sawit di Kabupaten Aceh Utara. RAMA Unimal.
- Nurhermawati, R., Supena, N., & Arif, M. (2023). Partisi asimilat pada buah kelapa sawit dan

- kaitannya dengan kapasitas source dan sink. Warta PPKS.
- Punnuri, S. M., Thudi, M., & Mir, R. R. (2025). From Genes to Holobionts: Integrative Genomic Approaches to Multifactorial Stress Resilience in Plants. *Frontiers in Plant Science*.
- Rahayu, A., & Ginanjar, D. (2025). Studi perbandingan antara ekologi tumbuhan di daerah tropis dan subtropis dalam menanggulangi perubahan iklim. *Jurnal Riset Sains Terapan*.
- Sari, F. P., Munajat, M., Lastinawati, E., Meilin, A., & Judijanto, L. (2024). Pembangunan Pertanian Berkelanjutan.
- Sembiring, A. N. B. (2024). Respon varietas kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dalam kondisi cekaman kekeringan pada tahap pembibitan. *Universitas Medan Area*.
- Sujadi, S., Pradiko, I., & Rahutomo, S. (2020). Prediksi kemampuan adaptasi delapan varietas kelapa sawit pada cekaman abiotik akibat perubahan iklim global. *Jurnal Tanah dan Iklim*, Kementerian Pertanian.
- Surmaini, E., Supriatin, L. S., Sarvina, Y., & Mahaswa, R. K. (2023). Teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim. *BRIN Press*.
- Syaputra, F. N. (2025). Pengaruh curah hujan terhadap stok karbon pada perkebunan kelapa sawit (Studi kasus di PT Sari Lembah Subur). *INSTIPER Yogyakarta*
- Wijayani, S., & Wirianata, H. (2022). Implementasi kultur teknis di perkebunan kelapa sawit rakyat dalam menghadapi dampak perubahan iklim. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 5(2).
- Zen, Z., Kuswardani, R. A., & Lubis, Y. (2021). Kajian strategi integrasi nilai-nilai keberlanjutan ke dalam proses pembangunan kelapa sawit rakyat di Tapanuli Selatan. *Jurnal Agrica*, 14(2), 102–115.